

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.Е. Косенко  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«Инновации в области производства режущего инструмента для изготовления  
составных частей космических аппаратов»  
Тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»  
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	_____	_____
	подпись, дата	профессор МБК ПФиКТ, д-р техн. наук должность, ученая степень	<u>В.В. Двирный</u> инициалы, фамилия
Выпускник	_____	_____	_____
	подпись, дата		<u>А.М. Мельник</u> инициалы, фамилия
Рецензент	_____	_____	_____
	подпись, дата	начальник бюро цеха 053 АО «ИСС» должность, ученая степень	<u>А.А. Букин</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	_____	_____
	подпись, дата		<u>Е.С. Сидорова</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.Е. Косенко  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме магистерской диссертации**

Студенту: Мельнику Андрею Михайловичу,

группа МТ17-04М Направление (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.04.05.02 «Технология космических аппаратов».

Тема выпускной квалификационной работы: «Инновации в области производства режущего инструмента для изготовления составных частей космических аппаратов»

Утверждена приказом по университету №15408/с от 24.10.2017 г.

Руководитель ВКР: Валерий Васильевич Двирный д-р техн. наук, профессор МБК ПФиКТ.

Исходные данные для ВКР:

Принципы проектирования и изготовления режущего инструмента в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (АО «ИСС»), основные требования, предъявляемые к механической обработке составных частей космических аппаратов. Инновации в инструментальном производстве для повышения эффективности обработки составных частей космических аппаратов.

Перечень разделов ВКР:

1 Организация инструментального производства на современном машиностроительном предприятии.

2 Изготовление составных частей космических аппаратов из композиционных материалов.

3 Обеспечение требуемой точности геометрических параметров составных частей космических аппаратов регулируемым режущим инструментом.

Перечень графического материала: слайды презентации.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

подпись

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

подпись

В.В. Двирный

инициалы и фамилия

А.М. Мельник

инициалы и фамилия студента

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Инновации в области производства режущего инструмента для изготовления составных частей космических аппаратов» содержит 81 страницу текстового документа, 32 использованных источника, 24 рисунка, 3 таблицы, 2 формулы.

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, КОНЦЕВАЯ ТВЕРДОСПЛАВНАЯ ФРЕЗА, ТРЕХСЛОЙНАЯ СОТОВАЯ ПАНЕЛЬ, КОМБИНИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Объект исследования – общий подход к организации инструментального производства в составе машиностроительного предприятия космической отрасли. Применение новейших технологий при изготовлении режущего твердосплавного инструмента, повышающего эффективность и качество обработки составных частей космических аппаратов.

Целью работы является подтверждение принципиальной возможности внедрения инновационных технологий и средств в технологические процессы механической обработки составных частей космических аппаратов.

В процессе исследования был выполнен анализ применения инновационных конструкций режущего инструмента для фрезерования сотовых панелей и выполнения отверстий под заклепки и винты с потайными головками. Проведено опробование работоспособности режущего инструмента, произведенного на автоматизированном инструментальном участке. Спроектирована конструкция комбинированного регулируемого режущего инструмента, повышающего точность и качество изделий.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
[изъята 1 глава с.10-30].....	9
[изъята 2 глава с. 31-61].....	9
[изъята 3 глава с. 62-73].....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	78

## ВВЕДЕНИЕ

Технологическая оснастка и инструмент необходимы на всех этапах изготовления изделия. Их применение позволяет значительно повысить качество выпускаемых изделий, производительность труда и эффективность использования оборудования. Чем раньше в жизненном цикле изделия будут задействованы новые технологии, тем выше конкурентоспособность изделия. Одним из важных показателей технического уровня производства является количество технологической оснастки и специального инструмента, приходящихся на единицу выпускаемой продукции [32]. Создание новых видов продукции осуществляется в процессе подготовки производства, которая протекает вне рамок производственного процесса. Задача подготовки производства состоит в том, чтобы обеспечить необходимые условия для работоспособности производственного и технологического процессов. Но в отличие от таких процессов подготовительной фазы, как приобретение предметов труда, наем рабочей силы и других, повторяющихся систематически при каждом обороте производственных фондов, подготовка производства является единовременным актом, осуществляемым при переходе предприятия на выпуск новой продукции. В условиях совершенствования технологий изготовления составных частей космических аппаратов, к которым предъявляется все больше требований, а также внедрения конструкций из композиционных материалов, возникает потребность в модернизации инструментального участка подготовки производства и внедрении в систему подготовки инноваций.

В технологии изготовления современных приборов полезной нагрузки используют конструкции на основе трехслойных композиционных сотовых панелей. Они представляют собой отдельные функционально законченные блоки, имеющие незначительную массу, что позволяет распределить общую массу, а не концентрировать ее на небольшой монтажной плоскости

конструкции. Данная конструкция повышает устойчивость КА к факторам космического пространства [29].

После полимеризации сотовых панелей выполняется их механическая обработка: обработка по контуру, выполнение вырезов, сверление отверстий под закладные элементы и пр. Для этих работ используются высокопроизводительные станки с числовым программным управлением [29]. Одним из условий качества изготовления сотовых панелей является соответствие их геометрических параметров конструкторской документации. Следовательно, критерием правильно подобранного оборудования и инструмента для мехобработки будет служить размеростабильность и шероховатость обработанных поверхностей. Выполнение данного условия осложняется спецификой механической обработки углепластиковых обшивок.

Оптимальным способом обработки сотовых панелей, исходя из уровня современных технологий, видится в обработке резанием на фрезерном оборудовании с ЧПУ. При этом необходимо учитывать следующие особенности композиционных материалов: ярко выраженная анизотропия свойств; сложность получения высокого качества поверхностного слоя; высокая твердость углеродных волокон; низкая теплопроводность; абразивное воздействие углеродных волокон на режущий инструмент; высокие упругие свойства; особые требования техники безопасности ввиду выделения мельчайших частиц материала при резании. Данные свойства углепластиковых обшивок приводят к преждевременному затуплению и снижению стойкости режущего инструмента. Одновременно с этим, при обработке изношенным режущим инструментом происходит расслоение обрабатываемого материала, разлохмачивание перерезанных волокон, что приводит к ухудшению качества поверхностного слоя [18].

Современные исследования заявляют, что с развитием инструментальной промышленности большинство машиностроительных производств будут все больше передавать полномочия производства инструмента специализированным заводам этой отрасли, а инструментальные

хозяйства машиностроительных заводов будут осуществлять, в основном, функцию организации рациональной эксплуатации инструмента (планирование потребности, приобретение, хранение, обеспечение рабочих мест, заточка, ремонт, контроль) [2; 6; 22]. Альтернативой этому является создание автоматизированных участков производства, готовых в кратчайшие сроки оснащать машиностроительное производство качественным инструментом и оснасткой.

Целью работы является подтверждение принципиальной необходимости инноваций в изготовлении режущего инструмента в условиях подготовки производства космических аппаратов, способного эффективно и качественно выполнять механическую обработку составных частей космических аппаратов.

Задачи работы:

- 1) определение причин необходимости инноваций в подготовке современного машиностроительного производства, изготавливающего космические аппараты;
- 2) анализ современных методов механической обработки композиционных материалов;
- 3) создание новых видов конструкции режущего инструмента, способного обеспечить качественный рост эффективности технологических процессов механической обработки составных частей космических аппаратов;
- 4) определение необходимых инноваций в технологическом процессе изготовления режущего инструмента, обеспечивающем качественный рост эффективности механической обработки составных частей космических аппаратов.



[изъята 1 глава с.10-30]

[изъята 2 глава с. 31-61]

[изъята 3 глава с. 62-73]

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для поддержания достойного положения Российской космической отрасли на мировом рынке необходимо постоянное развитие и применение новых технологий. Новые перспективные технологии, примененные на уровне подготовки производства космических аппаратов, позволяют обеспечить конкурентоспособность и увеличить надежность космической техники.

Инструментальное производство занимает ведущее место в системе технического функционирования производства космических аппаратов. Современный технический и организационный уровень машиностроения определяется высокой оснащенностью его моделями, штампами, пресс-формами, приспособлениями, режущими, измерительными и вспомогательными инструментами и приборами, объединяемыми в общий комплекс технологической оснастки.

Современные исследования заявляют, что с развитием инструментальной промышленности большинство машиностроительных производств будут все больше передавать полномочия производства инструмента специализированным заводам этой отрасли, а инструментальные хозяйства машиностроительных заводов будут осуществлять, в основном, функцию организации рациональной эксплуатации инструмента (планирование потребности, приобретение, хранение, обеспечение рабочих мест, заточка, ремонт, контроль) [2; 6; 22]. Альтернативой этому является создание автоматизированных участков производства, готовых в кратчайшие сроки оснащать машиностроительное производство качественным инструментом и оснасткой. В настоящее время в Российской Федерации отсутствует стандартизация режущего инструмента, специализируемого на мехобработке композиционных материалов и сотовых панелей, используемых в конструкциях современных космических аппаратов. Это связано с малоизученностью темы и небольшим объемом публикаций. Следовательно, в производстве специального инструмента для обработки композиционных

материалов в основном задействованы инструментальные цеха машиностроительных предприятий. Для производства специального инструмента необходимо создание автоматизированных участков изготовления фрез и осевого инструмента из твердосплавной шлифованной заготовки.

Как показывает практика, композитные материалы, несмотря на их высокую стоимость и сложности в производстве, могут стать самыми используемыми и удобными материалами при правильном применении. Композиционные материалы обеспечивают конструкции высокую прочность и износостойкость, а так же малый вес конструкции, что жизненно необходимо при проектировании авиационных и космических аппаратов.

В рамках подготовки выпускной квалификационной работы был спроектирован и изготовлен роутер, неуступающий в работоспособности импортным образцам фрез, предназначенный для механической обработки отверстий в трехслойных сотовых панелях с углепластиковыми обшивками. Опытный образец роутера показал положительные результаты по результатам испытаний. Усовершенствованием технологии производства подобного РИ может стать нанесение износостойкого покрытия, способного значительно повысить показатели стойкости твердосплавного инструмента. Роутеры, произведенные на автоматизированном инструментальном участке подготовки производства, рекомендуются к внедрению в технологические процессы мехобработки АО «ИСС». Изготовление роутеров в условиях подготовки производства позволит снизить затраты на покупной РИ более чем в 10 раз. Оно направлено на импортозамещение, позволяет снизить себестоимость изготавливаемой продукции и повысить производительность труда. Изготовление твердосплавных монолитных концевых фрез в условиях подготовки производства АО «ИСС» соответствует высокому техническому уровню современных машиностроительных производств.

В рамках подготовки к защите выпускной квалификационной работы была спроектирована регулируемая зенковка, способная совместить в себе:

- обеспечение точности, высокой производительности и требуемого качества обработанной поверхности;
- обеспечение требуемого выступления/занижения закладных потайных головок после мехобработки с заданной точностью;
- возможность быстрой настройки зенковки по эталону (или другим доступным средством) на необходимый типоразмер с заданной точностью;
- обеспечение требуемой соосности гнезд под потайные головки с отверстием;
- возможность использования инструмента, как при ручной обработке, так и на сверлильном станке, без потери точности и качества обработанной поверхности;
- возможность зенкования гнезда совместно со сверлением отверстия.

Оптимальной конструкцией инструмента для снятия фасок и зачистки отверстий, а также для образования углублений под потайные головки винтов и заклепок в деталях составных частей космических аппаратов из алюминиевых, титановых сплавах, стеклопластика и углепластика стала регулируемая зенковка. Данная конструкция обеспечивает точность, высокую производительность и хорошее качество обрабатываемой поверхности, является комбинированным регулируемым инструментом и рекомендуется к внедрению в технологические процессы мехобработки АО «ИСС».

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

БИХ – бюро инструментального хозяйства;  
ИРК – инструментально-раздаточная кладовая;  
КА – космический аппарат;  
КМ – композиционные материалы;  
МСС – модуль служебных систем;  
НТД – нормативно-техническая документация;  
ПКМ – полимерные композиционные материалы;  
РИ – режущий инструмент;  
СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;  
СОТС – смазочно-охлаждающая жидкость;  
ЦИС – центральный инструментальный склад;  
ЧПУ – числовое программное управление.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Адаев, Ю. В. Обеспечение ритмичности машиностроительного производства: организационно-экономические аспекты / Ю. В. Адаев. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1996. – 152 с.
- 2 Бельский, П. Е. Управление техническим и организационным развитием предприятия / П. Е. Бельский. – Киев : Техника, 1992. – 126 с.
- 3 Блюменштейн, В. Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. – Кемерово : КузГТУ, 2006. – 205 с.
- 4 Буланов, И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов : Учеб. для вузов / И. М. Буланов, В. В. Воробей. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 516 с.
- 5 Ванин, В.А., Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении : учебное пособие / В. А. Ванин, А. Н. Преображенский, В. Х. Фидаров. – Тамбов : Издательство ТГТУ, 2007. – 332 с.
- 6 Васильев, В. Н. Организация производства в условиях рынка : учебное пособие / В. Н. Васильев. – Москва : Машиностроение, 1993. – 368 с.
- 7 Гончаров, В. И. Оперативное управление производством: опыт разработки и совершенствования систем / В. И. Гончаров, А. И. Колосов, Г. И. Дибнис. – Москва : Экономика, 1987. – 120 с.
- 8 Гордовенко, М. А., Михнёв, М. М. Исследование повышения стойкости монолитных твердосплавных концевых фрез производства АО «ИСС» с износостойким покрытием // Решетнёвские чтения : материалы XXI Междунар. науч. конф. (08-11 ноября 2017, г. Красноярск) : В 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова. – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнёва, 2017. – с. 485-487.
- 9 ГОСТ Р ИСО 3855-2013 Фрезы термины и определения. – Введ. 07.01.2014. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 20 с.

10 ГОСТ 9523-84 Хвостовики инструментов. Диаметры, квадраты и отверстия под квадраты. – Взамен ГОСТ 9523-67 ; введ. 01.01.1986. – Москва : Издательство стандартов, 1993. – 8 с.

11 ГОСТ 14953-80 Зенковки конические. Технические условия. – Взамен ГОСТ 14953-69 ; введ. 01.01.1982. – Москва : Издательство стандартов, 2003. – 18 с.

12 ГОСТ 21474-75 Рифления прямые и сетчатые. Форма и основные размеры. – Взамен ОСТ 26016, ОСТ 26017 ; введ. 01.01.1977. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 5 с.

13 ГОСТ 25751-83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. – Введ. 01.07.1984. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 27 с.

14 ГОСТ 32405-2013 Фрезы концевые цельные твердосплавные. Технические условия. – Введ. 01.01.2015. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 11 с.

15 Звягольский, Ю. С. Технология производства режущего инструмента : учебное пособие / Ю. С. Звягольский, В. Г. Солоненко, А. Г. Схиртладзе. – Москва : Высш. школа, 2010. – 334 с.

16 Инструментальные материалы : учебное пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. – СПб. : Политехника, 2005. – 268 с.

17 Летенко, В. А. Организация машиностроительного производства: Теория и практика / В. А. Летенко, О. Г. Туровец. – Москва : Машиностроение, 1982. – 208 с.

18 Мельник, А. М., Двирный, В. В. Современные технологии, позволяющие повысить эффективность фрезерной обработки сотовых панелей // Решетнёвские чтения : материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф. (12-16 ноября 2018, г. Красноярск) : В 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова. – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнёва, 2018. – с. 143-145.

19 Мельник, А. М., Кочеткова, С. С. Инновации в области изготовления режущего инструмента для фрезерной обработки сотовых панелей //

Решетнёвские чтения : материалы XXI Междунар. науч. конф. (08-11 ноября 2017, г. Красноярск) : В 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. . – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнёва, 2017. – с. 636-638.

20 Мельников, Г. Н. Проектирование механосборочных цехов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Г. Н. Мельников, В. П. Вороненко; под ред. А. М. Дальского. – Москва : Машиностроение, 1990. – 352 с.

21 Нормирование труда : учебник / под ред. Б. М. Генкина. – Москва : Экономика, 1985. – 272 с.

22 Организация производства и управление предприятием : учебник / О. Г. Туровец ; под ред. О. Г. Туровеца. – Изд. 3-е. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 506 с.

23 Основы автоматизации машиностроительного производства : учебник для машиностроительных специальностей вузов / Е. Р. Ковальчук [и др.]. – Москва : Выс.шк., 1999. – 312 с.

24 Разработка технического предложения на ГПС : Методические рекомендации. – Москва : ВНИИТЭМР, 1987. – 96 с.

25 Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн [и др.]. – Минск : Дизайн Про, 2002. – 320 с.

26 Справочник конструктора-инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1994. – 560 с.

27 Степанов, А. А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов / А. А. Степанов. – Ленинград : Машиностроение, 1987. – 176 с.

28 Технология производства космических аппаратов : учебник для вузов / Н. А. Тестоедов [и др.]. – Красноярск : Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2009. – 352 с.

29 Халиманович, В. И. Сотовые конструкции для космических аппаратов связи и навигации: опыт проектирования и изготовления // Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники : сб.



материалов III Междунар. науч.-практ. конф. (27-29 мая 2009, г. Днепропетровск) / В. И. Халиманович, Ф. К. Синьковский, Н. Н. Ишенина. – Днепропетровск : Укр. НИИ технологии машиностроения, 2009. – с. 161-171.

30 Чеботарев, В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения : учебное пособие / В. Е. Чеботарев, В. Е. Косенко. – Красноярск : Сиб. гос. ун-т., 2011. – 488 с.

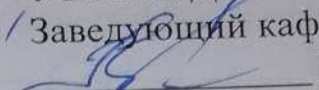
31 Шатров, А. К. Механические устройства космических аппаратов. Конструктивные решения и динамические характеристики : учеб. пособие / А. К. Шатров, Л. П. Назарова, А. В. Машуков. – Красноярск : Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2006. – 84 с.

32 Шишмарев, В. Ю. Машиностроительное производство: Учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования / В. Ю. Шишмарев. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. - 352 с.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 В.Е. Косенко  
подпись инициалы, фамилия  
« 21 » 06 2019 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

«Инновации в области производства режущего инструмента для изготовления  
составных частей космических аппаратов»  
Тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»  
код и наименование магистерской программы

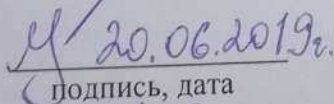
Научный  
руководитель

  
подпись, дата

профессор МБК ПФИКТ,  
д-р техн. наук  
должность, ученая степень

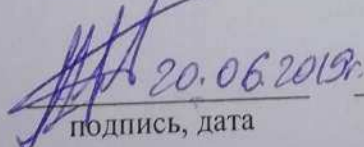
В.В. Двирный  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

А.М. Мельник  
инициалы, фамилия

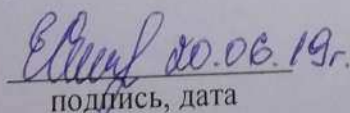
Рецензент

  
подпись, дата

начальник бюро цеха 053  
АО «ИСС»  
должность, ученая степень

А.А. Букин  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

Е.С. Сидорова  
инициалы, фамилия

Красноярск 2019